

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-252121

(43)Date of publication of application : 14.09.2000

(51)Int.Cl. H01F 10/16
H01F 17/00

(21)Application number : 11-051889 (71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD

INOUE AKIHISA

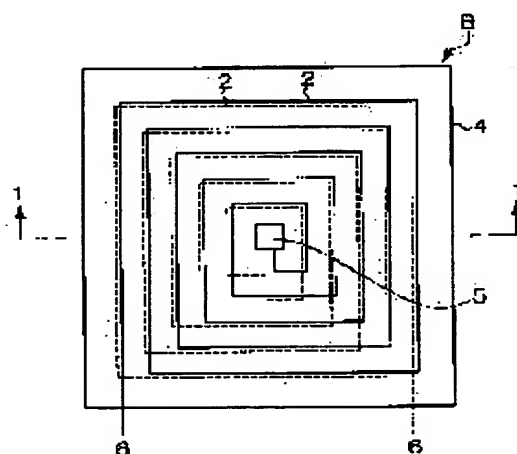
(22)Date of filing : 26.02.1999 (72)Inventor : IGARASHI KAZUSATO
MIZUSHIMA TAKAO
MAKINO TERUHIRO
INOUE AKIHISA

(54) HIGH-FREQUENCY Co-BASED METALLIC AMORPHOUS MAGNETIC FILM, AND MAGNETIC ELEMENT, INDUCTOR AND TRANSFORMER USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a metallic amorphous magnetic film, which has a high permeability in a frequency band of several 100 MHz or higher and in particular, in a high-frequency zone band which is not smaller than 1 GHz as a high-frequency magnetic material, and which can be easily manufactured, and also to provide a magnetic element, inductor and transformer which use the magnetic film.

SOLUTION: A high-frequency Co-based metallic amorphous magnetic film 4 contains Co as a main component and an amorphous phase containing one or more of elements Fe, Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, W, V and Ti as a main phase. The real part of the complex permeability at 100 MHz is 300 or more and an imaginary part thereof is 20 or less, the rear part of a complex



permeability at 1 GHz is 300 or more, and the imaginary part thereof is 200 or less.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's
decision of rejection]

[Kind of final disposal of application
other than the examiner's decision
of rejection or application
converted registration]

[Date of final disposal for
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-252121
(P2000-252121A)

(43) 公開日 平成12年9月14日 (2000.9.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	データベース (参考)
H 0 1 F 10/16		H 0 1 F 10/16	5 E 0 4 9
17/00		17/00	B 5 E 0 7 0

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平11-51889

(22) 出願日 平成11年2月26日 (1999.2.26)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社

東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(71) 出願人 591112625

井上 明久

宮城県仙台市青葉区川内元支倉35番地 川

内住宅11-806

(72) 発明者 五十嵐 一聡

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ

ス電気株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外8名)

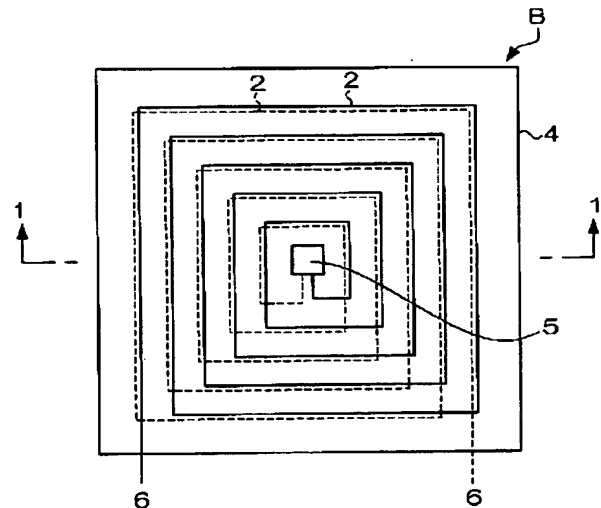
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波用Co基金属アモルファス磁性膜とそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランス

(57) 【要約】

【課題】 高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高く、製造が容易な金属アモルファス磁性膜を提供すること、およびそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランスの提供。

【解決手段】 Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すことを特徴とする高周波用Co基金属アモルファス磁性膜4。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すことを特徴とする高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。

【請求項2】 下記の組成からなることを特徴とする請求項1記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。

$\text{Co}_{100-x-y-z}\text{Fe}_x\text{M}_y\text{Q}_z$

ただし、MはZr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素であり、QはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素であり、組成比を示すx、y、zはat%で、 $x \leq 20$ 、 $5 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 12$ の関係を満足する。

【請求項3】 前記組成比x、y、zはat%で、 $5 \leq x \leq 10$ 、 $10 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 7$ であることを特徴とする請求項2記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。

【請求項4】 単層膜であることを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜。

【請求項5】 請求項1～4のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を有することを特徴とする磁気素子。

【請求項6】 請求項1～4のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜から磁心が構成されることを特徴とする平面型磁気素子。

【請求項7】 請求項6記載の平面型磁気素子を用いたインダクタ。

【請求項8】 請求項6記載の平面型磁気素子を用いたトランス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で高い透磁率を示し、低損失の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜とそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランスに関する。

【0002】

【従来の技術】磁気素子の小型化、高性能化に伴い、高い飽和磁束密度を有する上に、数100MHz以上の周波数帯域における透磁率が高く、高い比抵抗を有するものが求められている。従来、高い飽和磁束密度をもつ磁性材料としてFeあるいはFeを主成分とする非晶質合金が多く知られている。また、軟磁気特性が優れた材料としてCo系非晶質合金が知られている。ところが、上記のFe系非晶質合金の磁性膜をスパッタ法などの成膜

技術により作製すると、飽和磁束密度は高いものの、保磁力が大きく、また比抵抗が小さくなってしまい良好な軟磁気特性を得ることは困難であった。また、高周波数における透磁率低下の原因の一つに渦電流の発生による損失がある。この高周波における透磁率の低下の一因である渦電流損失を防ぐために、薄膜化および薄膜の高抵抗化を図ることが望まれている。

【0003】しかしながら、磁気特性を保ったまま比抵抗を高めることは非常に難しく、センダスト等の合金系の軟磁性薄膜の比抵抗は、数十～数百 $\mu\Omega \cdot \text{cm}$ 程度と小さく、少なくとも0.5T以上の飽和磁束密度を確保しながら比抵抗を高めた軟磁性合金が求められている。また、合金を薄膜として得る場合には、磁歪の発生などの影響により良好な軟磁気特性を得ることはさらに困難である。また、上記のFe系やCo系の非晶質合金は、スパッタ法などにより製造できるため、製造が容易であるが、高周波帯域での損失が大きいため単層で用いることができないため、該非晶質合金薄膜と絶縁薄膜とを交互に積層した多層構造にすることにより、高周波帯域での損失を低減しているが、この方法では磁気素子の厚みが厚くなってしまふ。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】このような背景から本発明者らは、Fe-M-O系（ただし元素Mは、IVA、VA族元素、あるいは希土類元素のうちの少なくとも1種またはそれらの混合物を示し、 $50 \leq \text{Fe} \leq 70$ 、 $5 \leq \text{M} \leq 30$ 、 $10 \leq \text{O} \leq 30$ の組成を有する）の酸化物ナノ結晶磁性膜を開発し、特開平6-316748号明細書において特許出願している。この系の酸化物ナノ結晶磁性膜によれば、比抵抗が高い（ $215.3 \sim 133709 \mu\Omega \cdot \text{cm}$ ）ので高周波領域における渦電流損失が少なく、高周波領域において高い透磁率を得ることができ、飽和磁束密度が0.5T（テスラ）以上の高い値（0.7～1.5T前後）を得ることができ、保磁力も低い（0.8～4.0Oe）ものであった。

【0005】ところが、一般的に透磁率を表すには、複素透磁率の実数部（ μ' ）と虚数部（ μ'' ）の2つの値があり、トランス、インダクタやアンテナの用途には実数部の値が高く、虚数部の値は低いことが望まれるが、Fe-M-O系の軟磁性合金薄膜にあっては数百MHz以上の高周波帯域では複素透磁率の実数部（ μ' ）の値を高い値にすることができるものの、複素透磁率の虚数部が実数部の値を超えるように大きくなり、（複素透磁率の実数部）／（複素透磁率の虚数部）の値、即ち、（ μ' ）／（ μ'' ）で表される性能係数（Q）の値が1を下回るようになり、損失が大きくなる問題がある。上記Qは、磁心材の損失特性を示すものであり、この値が大きいほど、高周波用材料として優れるといえることができる。また、上記の酸化物ナノ結晶磁性膜においては、製造時に磁性膜中に酸素を添加するので通常は反応性ス

バッタを採用するため、特性の再現性が難しく、製造が困難で、得られる磁気素子の特性にバラツキが生じてしまうという問題があった。

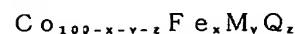
【0006】これに対して、通信関係の分野などにおいては、パーソナルハンディフォン（PHS）などの移動体通信端末機器の高周波化が急速に進展しており、GHz帯域がより一層利用される傾向にある。また、現在のところ部品として空芯のインダクタが利用されているが、占有面積が大きく、磁性薄膜をコアに用いることによって小型化する要求があり、また、将来的にはさらに高いQ値を持つ材料に対する要求が高まっていくと考えられる。

【0007】本発明は上記事情に鑑みてなされたもので、高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高く、製造が容易な金属アモルファス磁性膜を提供すること、およびそれを用いた磁気素子、インダクタ、トランスを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すことを特徴とする高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を上記課題の解決手段とした。

【0009】本発明は、上記高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を下記の組成からなるものとしたものである。



ただし、MはZr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素であり、QはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素であり、組成比を示すx、y、zはat%で、 $x \leq 20$ 、 $5 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 12$ の関係を満足する。本発明は、上記組成において、前記組成比x、y、zはat%で、 $5 \leq x \leq 10$ 、 $10 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 7$ とすることが好ましい。

【0010】本発明は、上記高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を単層膜としたものであってもよい。また、本発明は、上記のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を有することを特徴とする磁気素子を上記課題の解決手段とした。また、本発明は、上記のいずれかに記載の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜から磁心が構成されてなることを特徴とする平面型磁気素子を上記課題の解決手段とした。また、本発明は、上記の平面型磁

気素子を用いたトランスを上記課題の解決手段とした。

【0011】

【発明の実施の形態】以下に本発明についてさらに詳細に説明する。本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜（以下、高周波用アモルファス磁性膜と略す）は、Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素Mを含む非晶質相を主体としてなり、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すものである。

【0012】本発明の高周波用アモルファス磁性膜は、下記の組成式で示すことができる。Co



ただし、MはZr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素であり、QはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素であり、組成比を示すx、y、zはat%で、 $x \leq 20$ 、 $5 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 12$ の関係を満足する。上記Co_{100-x-y-z}Fe_xM_yQ_zなる組成式において、Coの組成比を示す100-x-y-zは、at%で、 $48 \leq 100-x-y-z \leq 95$ とすることが好ましい。上記Co_{100-x-y-z}Fe_xM_yQ_zなる組成式において、上記組成比x、y、zはat%で、 $5 \leq x \leq 10$ 、 $10 \leq y \leq 20$ 、 $z \leq 7$ とすることが好ましい。

【0013】本発明の高周波用アモルファス磁性膜において、Coは磁性を担う元素である。特に高飽和磁束密度を得るためには、Coの含有量は多いほど好ましいが、Coを少なくし過ぎると飽和磁束密度が小さくなってしまふ。次に、Feは、磁性を担う元素であるが、Feの含有量の増加に伴って飽和磁化（Is）が増加して複素透磁率の実数部（μ'）を上げることができるが、Feの過剰な置換は結晶化を招くため、Feの含有量は20at%以下が良い。Feの含有量が増加すると、これに伴って異方性磁界（Hk）が小さくなり、共鳴周波数が下がり、複素透磁率の実数部（μ''）が増加するため、Feの含有量としては、5at%以上10at%以下が好ましい。

【0014】上記元素Mは、非晶質相（アモルファス相）を形成するために必要なものである。また、元素Mは、比抵抗（ρ）並びに異方性磁界（Hk）を大きくし、共鳴周波数を上げて高周波におけるμ''を小さくするが、多すぎると飽和磁化が低下し、これに伴ってμ'が低下するため、元素Mの含有量は、5at%以上20at%以下が良い。上記元素Mの含有量を上述した本願発明の範囲とするならば、比抵抗（ρ）を高め並びに異方性磁界（Hk）を大きくすることでμ''を小さくし、渦電流損失を低減することができ、高周波帯域での複素透磁

率の実数部 (μ') の低下を抑制でき、高周波特性を改善できる。なお、上記の元素Mのなかでも特にHfには磁歪を抑制する作用があるものと考えられる。また、上記の元素Mのなかでも特にZrとTaの複合添加が好ましい。Co-Zr系では飽和磁化を高くすることができるが、正磁歪が発生してしまう。上記元素MとしてZrとTaの複合添加とすることで、零磁歪とし、かつ比抵抗を高くすることができる。

【0015】上記元素Qは、アモルファスを安定化するため、磁場中熱処理を行うことで、高周波特性を向上させるのに有効であるが、一方、この元素Qの添加は、飽和磁化 (I_s) を小さくし、 μ' を劣化させるので、12at%以下が良く、好ましくは2at%以上7at%以下が良い。なお、元素Qは、必ずしも添加されていなくてもよい。

【0016】本発明の高周波用アモルファス磁性膜を製作するには、合金膜をスパッタ、蒸着等の薄膜形成技術により作成する。スパッタ装置としてはRF2極スパッタ、DCスパッタ、マグネトロンスパッタ、3極スパッタ、イオンビームスパッタ、対向ターゲット式スパッタ等の既存のものを使用することができる。また、Coのターゲット上にFe、Zr等の元素Mまたはこれらの元素に加えてBなどの元素Qの各種ペレットを配置した複合ターゲットを用いてAr等の不活性ガス中で製作することもできる。また、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を製造するに際して、Co、Feと、上記元素Mと、上記元素Qの添加量を本発明の範囲内で変更し、さらに、上記元素Mと上記元素Qについては、選択する元素を本発明の範囲内で変更することにより、飽和磁化 (I_s)、比抵抗 (ρ)、異方性磁界 (H_k) を制御し、単層であっても高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高いものが得られる。

【0017】また、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜は、スパッタ法により、上述のような高周波特性が優れた磁性膜を再現性良く製造できるので、製造が容易である。また、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜は、単層であっても、上述のように高周波特性が優れているので、本発明の金属アモルファス磁性膜を用いて磁気素子を作製すると、厚みの薄い磁気素子を提供できる。なお、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜は、単層に限らず、多層のものであってもよい。

【0018】次に、本発明の平面型磁気素子をインダクタに適用した第1の実施形態を示す。図1、図2は、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子 (インダクタ) の第1の実施形態を示す図である。第1の実施形態のインダクタBにおいては、基板1aの両面にスパイラル状の平面コイル2、2が形成され、各コイル2、2と基板面を覆って絶縁膜3が設けられ、各絶縁膜3の上に本発明の高周波用金属

アモルファス磁性膜4が被覆され、基板1aの中央部分に形成したスルーホール5を介してコイル2、2の中心部分が電気的に接続されている。また、基板1aの両面のコイル2、2からそれぞれ端子6が基板1aの外方に出されている。この構成のインダクタBにおいては、平面コイル2、2をそれぞれ絶縁膜3を介して磁性膜4、4で挟むことにより、端子6、6間にインダクタが構成されるようになっている。

【0019】前記基板1aは、セラミック材料からなる基板、Siウェハの基板あるいは樹脂基板などからなる。セラミック材料で基板1aを構成する場合は、アルミナ、ジルコニア、炭化珪素、窒化珪素、窒化アルミニウム、ステアタイト、ムライト、コージライト、フォルステライト、スピネルなどの各種のものを適宜選択して用いることができるが、熱膨張率をSiの熱膨張率に近づけるために、熱電導率が大きく、曲げ強度も大きい窒化アルミニウムなどを用いることが好ましい。

【0020】平面コイル2は、銅、銀、金、アルミニウムあるいはこれらの合金などの良導電性金属材料からなり、インダクタンス、直流重畳特性、サイズ等に応じて、電気的に直列に、縦にあるいは横に絶縁膜を介して適宜配置することができる。更に、平面コイル2は、導電層を基板上に形成後、フォトエッチングすることにより各種の形状に作成できる。導電層の製膜方法としては、プレス圧着、メッキ、金属溶射、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティング、スクリーン印刷焼成法等の適宜の方法を用いれば良い。

【0021】絶縁膜3は、平面コイル2への通電時において、磁性膜4と導通してショートすることを防止するために設けられている。絶縁膜3は、ポリイミド等の高分子フィルム、 SiO_2 、ガラス、硬質炭素膜等の無機質膜からなるものを用いることが好ましい。この絶縁膜3は、ペースト印刷後に焼成する方法、溶融メッキ法、溶射、気相メッキ、真空蒸着、スパッタリング、イオンプレーティングなどの方法により形成される。高周波用金属アモルファス磁性膜4は、先に説明した組成から構成されている。ここでの高周波用金属アモルファス磁性膜4の厚みとしては、0.5~10 μm 程度、好ましくは1~5 μm 程度とされる。本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜4は、高周波特性に優れているので、単層で厚く成膜しても損失を少なくすることができる。

【0022】上記の如く構成されたインダクタBは、小型かつ薄型で軽量であり、優れた高周波特性を有する高周波用金属アモルファス磁性膜4を有しているため、平面型磁気素子の小型軽量化に寄与するとともに、数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で優れたインダクタンスを示す。なお、第1の実施形態では、インダクタについて説明したが、平面コイル2を並列的に複数設けることでトランスを構成できる。

【0023】次に、本発明の平面型磁気素子をインダク

タに適用した第2の実施形態を示す。図3は、本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子（インダクタ）の第2の実施形態を示す図である。この第2の実施形態のインダクタCにおいては、基板10の上に酸化膜11と本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜12と絶縁膜13とが順次積層され、絶縁膜13上に平面コイル14が形成され、平面コイル14と絶縁膜13を覆って絶縁膜15が形成され、絶縁膜15上に本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜16が形成されている。

【0024】基板10は先の例の基板1aと同等の材料からなり、高周波用金属アモルファス磁性膜12、16は、先の例の磁性膜4と同等の材料からなり、絶縁膜13は先の例の絶縁膜3と同等の材料からなる。酸化膜11は、基板10に例えばSiウエハの基板を用いた場合に、Siウエハを加熱して熱酸化することにより形成できる。ただし、この酸化膜11は必須のものではなく、省略しても差し支えない。第2の実施形態のインダクタCにおいても先に説明した例のインダクタBと同様に、数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で優れたインダクタンスを示し、小型かつ軽量であり、平面型磁気素子の小型軽量化に寄与する。また、上述した例においては、平面型磁気素子（インダクタ）の例を示したが、平面コイルを2つ有する構成としたトランスとして用いることも可能である。

【0025】

【実施例】（1）成膜

高周波スパッタ装置を用いて、Coターゲット上に本発明のFe、元素M、またはこれらの元素に加えて元素Qなどの各元素の各種ペレットを配置した複合ターゲットを用い、Arガス雰囲気中で、かつ膜面内に一方向磁場8kA/mを印加した状態でスパッタを行い、膜厚が約1μmの合金膜（単層膜）を作製した。ここでの膜厚は、スパッタ時間をコントロールすることにより調整した。主なスパッタ条件を以下に示す。

予備排気： 1×10^{-6} Torr 以下

高周波電力：200W

Arガス圧：6mTorr

基板：ガラス基板（間接水冷）

【0026】（試験1）種々のFeの組成比率におけるCo-Fe-Zr-Ta系の合金膜の成膜直後（as-depo.）の組織の状態をX線回折により調べた。その結果を図4に示す。図4は、 $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ （ $x=20, 25$ ）で示される合金膜におけるX線回折の結果を示すグラフである。図4に示した結果から $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ 膜は、 $2\theta=53^\circ$ 付近に結晶の析出を示すピークが観察され、結晶相とアモルファス相からなることがわかる。これに対してFeの含有量を減らした $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ 膜の回折線は、ブロードであり、アモルファス相からなることがわかる。こ

れらのことから、 $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜では、Feの含有量を20at%以下とすれば、アモルファス状態の合金膜が得られることがわかる。

【0027】次に、成膜直後（as-depo.）の $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜について、1GHzにおける複素透磁率の実数部（ μ' ）と虚数部（ μ'' ）のFe含有量依存性を調べた。その結果を図5に示す。また、 $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜について、飽和磁化（Is）のFe含有量依存性を調べた。その結果を図6に示す。なお、ここでのFeの含有量は、結晶が析出しない20at%以下の範囲とした。

【0028】図5に示した結果から $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜においてCoをFeで置換するとき、1GHzにおける μ' については、Feの含有量が8at%まではFeの含有量の増加に伴って μ' も大きくなるが、8at%を超えると小さくなっていることがわかる。また、1GHzにおける μ'' については、Feの含有量の増加に伴って μ'' も大きくなっていることがわかる。これは、CoをFeで置換するとき、図6に示した結果からもわかるようにFeの含有量の増加に伴って飽和磁化（Is）が増加して μ' が上がるが、先に述べたようにFeの含有量が増えると異方性磁界（Hk）が小さくなり、共鳴周波数が下がり、 μ'' が増加するためであると考えられる。従って、図4に示した結果から、 $\text{Co}_{100-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜においては、Feの過剰な添加は、結晶化を招くため、Feの含有量は、20at%以下である必要があり、さらに図5に示した結果から、 μ' の値が大きく、かつ、 μ'' の値があまり大きくならないFeの含有量は、5at%以上、10at%以下とすることが好ましいことがわかる。

【0029】次に、成膜直後（as-depo.）の $\text{Co}_{100-y}\text{Fe}_y(\text{Zr}_{0.1}, \text{Ta}_{0.9})_{10}$ で示される合金膜について、1GHzにおける複素透磁率の実数部（ μ' ）と虚数部（ μ'' ）の元素Mの含有量依存性を調べた。その結果を図7に示す。また、 $\text{Co}_{100-y}\text{Fe}_y(\text{Zr}_{0.1}, \text{Ta}_{0.9})_{10}$ で示される合金膜について、飽和磁化（Is）の元素Mの含有量依存性を調べた。その結果を図8に示す。なお、ここでの元素Mとしては、ZrとTaを用い、ZrとTaの比率は一定とした。

【0030】図7に示した結果から元素Mの含有量の増加に伴って μ' および μ'' が小さくなっており、1GHzにおける μ' が大きく、かつ、 μ'' が小さい（実用上問題のない程度の大きさ）範囲としては、10at%以上であることがわかる。これは、Coを元素Mで置換するとき、図8に示した結果からもわかるように元素Mの含有量の増加するとCoの含有量が減少し、飽和磁化が低下し、これに伴って μ' が低下し、また、元素Mの含有量の増加に伴って比抵抗（ ρ ）並びに異方性磁界（H

k) が大きくなり、共鳴周波数が上がり高周波における μ'' が小さくなるからである。従って、成膜直後の $\text{Co}_{0.9-x}\text{Fe}_x(\text{Zr}_{0.1-y}\text{Ta}_{0.1+y})_2$ で示される合金膜において、元素Mの含有量は、先に述べた理由から5at%以上20at%以下が好ましく、さらに図7に示した結果を考慮すると、10at%以上、20at%以下とするのがより好ましいことがわかる。

【0031】次に、 $\text{Co}_{0.9-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}\text{B}_z$ で示される合金膜を成膜後、真空加熱炉中で、磁場中で450℃の温度範囲で120分間保持し徐冷するアニール処理を行ったものについて、1GHzにおける複素透磁率の実数部(μ')と虚数部(μ'')のBの含有量依存性を調べた。その結果を図9に示す。

【0032】図9に示した結果から $\text{Co}_{0.9-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}\text{B}_z$ で示される合金膜において1GHzにおける μ' については元素QとしてのBの含有量が7at%まではBの含有量を増加しても殆ど変化しないが、7at%を超えると急激に低下している。また、1GHzにおける μ'' については、Bの含有量2at%まではBの含有量の増加に伴って徐々に低下しているが、2at%を超えるとBの含有量の増加に伴って上昇していることがわかる。これは、CoをBで置換するとき、Bの含有量が増加するとCoの含有量が減少するので、飽和磁化が低下し、これに伴って μ' が低下する。また、アニール処理することにより、アニール処理しない場合に比べて μ' は低下するが、アニール処理により異方性磁界(Hk)が大きくなり、共鳴周波数が上がり高周波における μ'' が小さくなるからである。

【0033】次に、種々のBの組成比率におけるCo-Fe-Zr-Ta-B系の合金膜の磁場中でアモルファス安定化するためのアニール処理(熱処理)を行った後の組織の状態をX線回折により調べた。その結果を図*

*10に示す。図10は、 $\text{Co}_{0.9-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}\text{B}_z$ で示される合金膜($z=0, 2$)で示される合金膜におけるX線回折の結果を示すグラフである。

【0034】図10に示した結果から $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}$ で示される合金膜は、 $2\theta =$ 付近に結晶の析出を示すピークが観察され、結晶相とアモルファス相からなることがわかる。これに対してBの含有量を2at%とした $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}\text{B}_2$ 膜の回折線は、ブロードであり、アモルファス相からなることがわかる。これらのことから $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}$ で示される合金膜のCoをBで置換することにより、磁場中アニール処理しても、組織の状態をアモルファス状態のままで維持することができる。従って図9乃至図10に示した結果から $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}$ で示される合金膜にBを添加すると、アニール処理してもアモルファス状態のままで磁気特性を損なうことなく、異方性磁界(Hk)を増大でき、高周波における μ' を大きくして、 μ'' を小さくできる。また、 $\text{Co}_{0.9-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}\text{B}_z$ で示される合金膜において、Bの過剰な添加は、飽和磁化が小さくなり、 μ' を劣化させるので、7at%以下とするのがより好ましい。

【0035】次に、 $\text{Co}_{0.9}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{1.0}$ で示される合金膜の高周波特性を、これまで知られている主な非晶質合金膜である $\text{Co}_{90}\text{Zr}_{10}\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Hf}_{10}\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Zr}_{10}\text{Nb}_5$ 膜、酸化物ナノ結晶磁性膜である $\text{Fe}_{91}\text{Hf}_{9}\text{O}_{20}$ 膜と比較した結果を下記表1に示す。ここで $\text{Fe}_{91}\text{Hf}_{9}\text{O}_{20}$ 膜は無磁界中成膜後に静磁界中熱処理したものであり、磁化困難軸方向の測定結果である。

【0036】

【表1】

Co-Fe-Zr-Ta膜とCo-Zr-Ta,Co-Hf-Ta,Co-Zr-Nb,Fe-Hf-O膜の高周波特性比較

合金膜組成	$\text{Co}_{90}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$		$\text{Co}_{90}\text{Zr}_8\text{Ta}_5$		$\text{Co}_{90}\text{Hf}_8\text{Ta}_5$		$\text{Co}_{90}\text{Zr}_8\text{Nb}_5$		$\text{Fe}_{91}\text{Hf}_9\text{O}_{20}$	
比抵抗($\mu\Omega\text{cm}^{-1}$)	125		101		104		122		630	
飽和磁化(Is)(T)	1.1		1.3		1.2		1.1		1.3	
異方性磁界(Hk)(kAm ⁻¹)	2.9		1.3		1.6		1.0		1.2	
共鳴周波数 fr(GHz)	1.8		1.3		1.4		1.0		1.2	
複素透磁率の実数部(μ')	314	327	758	325	612	346	872	89	700	866
複素透磁率の虚数部(μ'')	13	191	23	612	12	492	35	866	27	1162
性能係数($Q=\mu'/\mu''$)	24	1.7	33	0.5	50	0.7	25	0.1	26	0.7
	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz	at100MHz	at1GHz

【0037】表1に示した結果から従来の $\text{Co}_{90}\text{Zr}_{10}\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Hf}_{10}\text{Ta}_5$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Zr}_{10}\text{Nb}_5$ 膜は、比抵抗が101~122 $\mu\Omega\text{cm}$ であり、飽和磁化が1.1~1.3Tであり、異方性磁界が1.0~1.6kAm⁻¹であり、共鳴周波数が1.0~1.4GHzである。また、100MHzにおける複素透磁率の実数部は、612~872と高く、虚数部は12から35と低い。100MHzにおける性能係数は25~50

と高くなっており、1GHzにおける複素透磁率の実数部は、89~346であり、虚数部は492から866と実数部よりも高くなっているため、1GHzにおける性能係数は0.1~0.7と低くなっていることがわかる。

【0038】また、従来の $\text{Fe}_{91}\text{Hf}_9\text{O}_{20}$ 膜は、比抵抗が630 $\mu\Omega\text{cm}$ と高く、飽和磁化が1.3Tであり、異方性磁界が1.2kAm⁻¹であり、共鳴周波数が

1.2GHzである。また、100MHzにおける複素透磁率の実数部は、700と高く、虚数部は27と低い
ため、100MHzにおける性能係数は26と高くな
ており、1GHzにおける複素透磁率の実数部は866
であり、虚数部は1162と実数部よりも高くなっ
ているため、1GHzにおける性能係数は0.7と低くな
っていることがわかる。

【0039】これに対して本発明の実施例の $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜は、比抵抗が $125\mu\Omega\text{cm}$ であり、 $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜よりは低い
が、 $\text{Co}_{90}\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Hf}_{10}\text{Ta}_{10}$ 膜、 $\text{Co}_{90}\text{Zr}_2\text{Nb}_{10}$ 膜よりは高い比抵抗が得られている。また、本実施例の合金膜は、飽和磁化が1.1Tであり、上記の $\text{Co}_{90}\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ 膜や $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜等の従来のものと同等の飽和磁化が得られている。また、本実施例の合金膜は、異方性磁界が 2.9kAm^{-1} であり、また、共鳴周波数も1.8GHzであり、上記の従来のものに比べて異方性磁界ならびに共鳴周波数が高いことがわかる。また、本実施例の合金膜は、100MHzにおける複素透磁率の実数部は、314であり、虚数部は24と低い
ため、100MHzにおける性能係数は24であり、上記の従来のものと同等あるいはやや低い程度となっている
が、1GHzにおける複素透磁率の実数部は、327であり、虚数部は191と実数部よりも低くなっている
ため、1GHzにおける性能係数は1.7であり、上記の従来のものより2.4倍から17倍の値が得られて
おり、高周波特性が優れていることがわかる。

【0040】また、 $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の複素透磁率の実数部(μ')と性能係数(Q)の周波数特性を、これまで知られている主な合金系軟磁性薄膜としての Fe-Si-Al-Hf-C 、 Fe-Al-Si 、 Ni-Fe 、酸化物ナノ結晶磁性膜としての $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_2$ 膜と比較した結果を図11に示す。ここで $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜は無磁界中成膜後に静磁界中熱処理したものであり、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_2$ 膜は静磁界を印加しながら成膜した直後の状態であり、いずれも磁化困難軸方向の測定結果である。

【0041】図11に示した結果から従来の合金系軟磁性薄膜は、1MHz付近の μ' は高いが、比抵抗が小さいため、渦電流による損失により、 μ' は周波数の増加とともに低下する。また、Q値は、数十MHz以上の高周波領域において低い値を示していることがわかる。また、従来の $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_2$ 膜は、1MHz付近の μ' は従来の合金系軟磁性薄膜と同等以下であり、 $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜の μ' は100MHzを超えると急激に低下しており、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_2$ 膜の μ' は数百MHzを超えると急激に低下している。また、 $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_2$ 膜のQ値は数十MHz付近の領域において高い値を示しているが、100MHz以上の高周波数領域において低い値を示していることがわかる。

【0042】これに対して本実施例の $\text{Co}_{90}\text{Fe}_{10}\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の μ' は、数百MHz以上では、従来の合金系軟磁性薄膜や $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_2$ 膜より高く、また、 μ' は10MHz~1000MHzまで殆ど一定であることから、1000MHz以上の高周波領域においても μ' は急激には低下せず、高い値を示すことが考えられ、1000MHz以上では従来の $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜よりも高い値を示すと考えられる。また、本実施例の合金膜のQ値は、数十MHz以上では、従来の合金系軟磁性薄膜や $\text{Fe}_{62}\text{Hf}_{11}\text{O}_2$ 膜より高く、数百MHz以上、特に1000MHz以上では従来の $\text{Fe}_{61}\text{Hf}_{13}\text{O}_2$ 膜より高いQ値を示しており、高周波特性が優れていることがわかる。

【0043】

【発明の効果】以上説明したように本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜にあっては、Coを主成分とし、Feと、Zr、Hf、Nb、Mo、Ta、W、V、Tiから選択される1種または2種以上の元素を含み、さらに好ましくはQはB、P、Cから選択される1種または2種以上の元素を含む非晶質相を主体とするものであるため、Co、Feと、上記元素Mと、上記元素Qの添加量を変更し、さらに、上記元素Mと上記元素Qについては、選択する元素を変更することにより、飽和磁化($1s$)、比抵抗(ρ)、異方性磁界(H_k)を制御して、周波数100MHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が20以下であり、周波数1GHzでの複素透磁率の実数部が300以上で、かつ虚数部が200以下を示すことができ、高周波用などの磁性材料として数100MHz以上の周波数帯域、特に1GHz以上の高周波帯域で透磁率が高いものが得られる。また、本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を用いれば、1GHz以上の高周波帯域でのQの値が大きく、損失の少ない磁心を提供できるので、トランス、磁気ヘッド用のコア、インダクタ、スイッチング素子などの磁気素子の小型軽量化、高性能化に大きく寄与するものである。

【0044】また、本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜は、スパッタ法により、上述のような高周波特性が優れた磁性膜を再現性良く製造できるので、製造が容易である。また、本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜は、単層であっても、上述のように高周波特性が優れているので、本発明のCo基金属アモルファス磁性膜を用いて磁気素子を作製すると、厚みの薄い磁気素子を提供できる。

【0045】本発明の高周波用Co基金属アモルファス磁性膜を備えた磁気素子、平面型磁気素子、インダクタ、トランスであれば、GHz帯域での使用も可能であり、本発明の磁気素子をアンテナに適用したものや本発明のインダクタにおいてはGHz帯域での損失の少ない特性の優れたものを提供でき、また、本発明の磁気素子

を電波吸収体に用いたものにおいてはGHz帯域において吸収特性の良好なものを提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子（インダクタ）の第1の実施形態を示す平面図である。

【図2】 図1の1-1線断面図である。

【図3】 本発明の高周波用金属アモルファス磁性膜を用いて作成された平面型磁気素子（インダクタ）の第2の実施形態を示す断面図である。

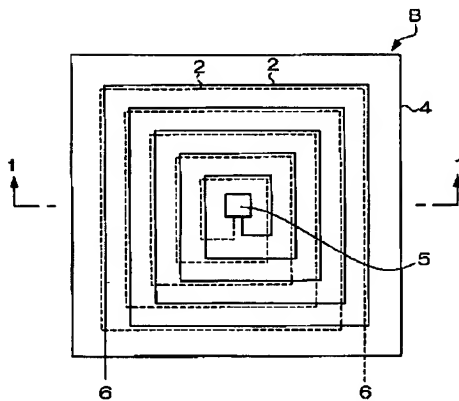
【図4】 $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ ($x=20, 25$) で示される合金膜におけるX線回折の結果を示すグラフである。

【図5】 $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の1GHzにおける複素透磁率の実数部と虚数部のFe含有量依存性を示すグラフである。

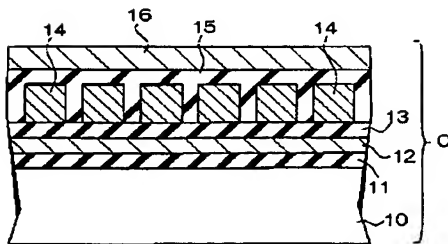
【図6】 $\text{Co}_{88-x}\text{Fe}_x\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の飽和磁化のFe含有量依存性を示すグラフである。

【図7】 $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_y(\text{Zr}_{0.1}, \text{Ta}_{0.9})_v$ で示される合金膜の1GHzにおける複素透磁率の実数部と虚数部の元素Mの含有量依存性を示すグラフである。 *

【図1】



【図3】



*【図8】 $\text{Co}_{80-y}\text{Fe}_y(\text{Zr}_{0.1}, \text{Ta}_{0.9})_v$ で示される合金膜の飽和磁化の元素Mの含有量依存性を示すグラフである。

【図9】 磁場中アニール処理後の $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_z\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜の1GHzにおける複素透磁率の実数部と虚数部のBの含有量依存性を示すグラフである。

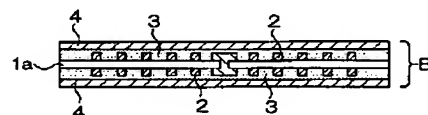
【図10】 磁場中アニール処理後の $\text{Co}_{80-z}\text{Fe}_z\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}\text{B}_z$ で示される合金膜 ($z=0, 2$) で示される合金膜のX線回折の結果を示すグラフである。

【図11】 $\text{Co}_{80}\text{Fe}_y\text{Zr}_2\text{Ta}_{10}$ で示される合金膜の複素透磁率の実数部と性能係数の周波数特性を、これまでの報告されている主な合金系軟磁性薄膜、酸化物ナノ結晶磁性膜と比較した結果を示すグラフである。

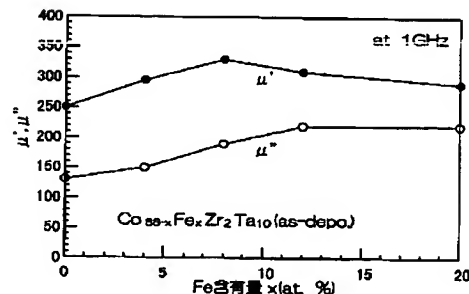
【符号の説明】

B, C…平面型磁気素子（インダクタ）、1a, 10…基板、2, 14…平面コイル、3, 13…絶縁膜、4, 12, 16…高周波用金属アモルファス磁性膜（高周波用Co基金属アモルファス磁性膜）、5…スルーホール、6…端子、11…酸化膜。

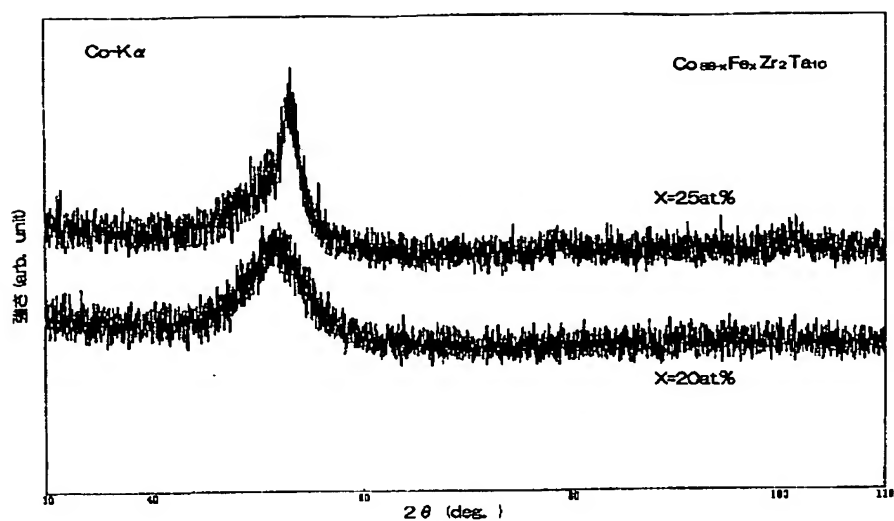
【図2】



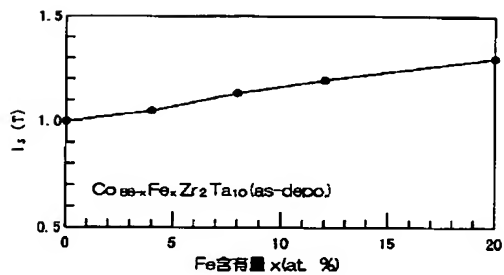
【図5】



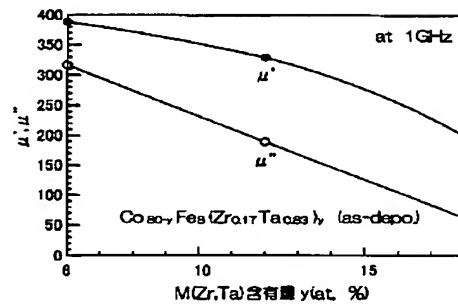
【図4】



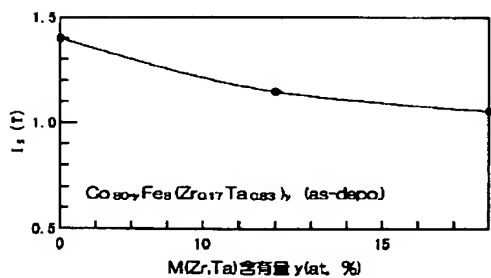
【図6】



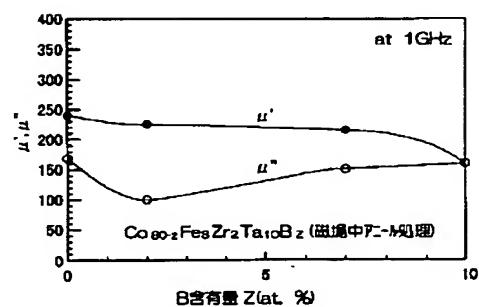
【図7】



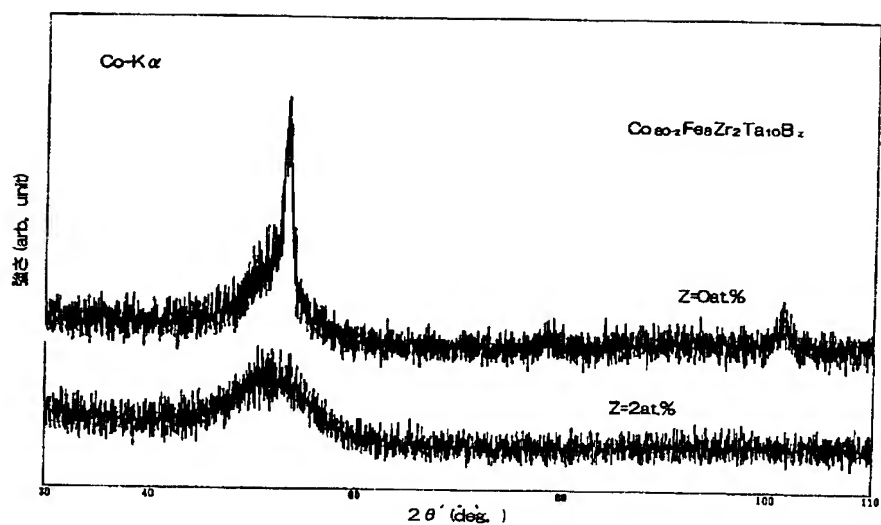
【図8】



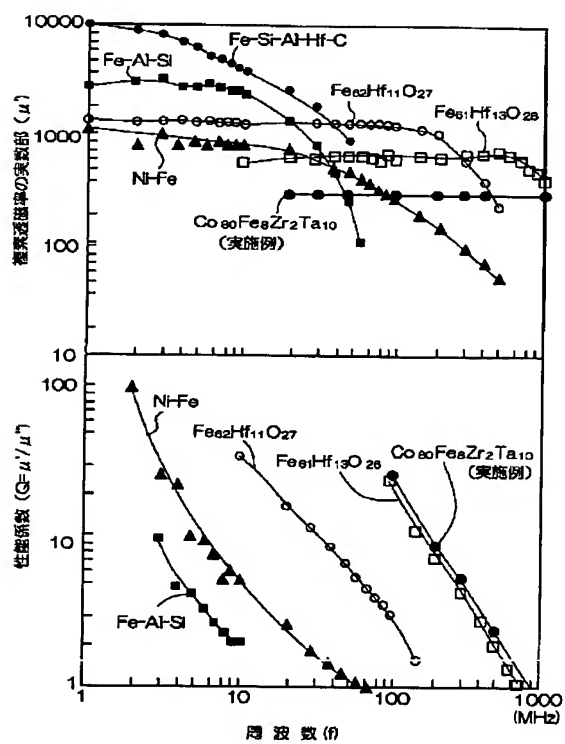
【図9】



【図10】



【図11】



フロントページの続き

(72)発明者 水嶋 隆夫
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ
ス電気株式会社内
(72)発明者 牧野 彰宏
東京都大田区雪谷大塚町 1 番 7 号 アルプ
ス電気株式会社内

(72)発明者 井上 明久
宮城県仙台市青葉区川内元支倉 35 番地 川
内住宅 11-806
F ターム(参考) 5E049 AA04 AA09 AC01 BA14
5E070 AA01 AB07 BA20 BB02 CB12

10 100 1000 10000

THIS PAGE BLANK (USPTO)